

Desain Sensor Konsentrasi Larutan NaCl Menggunakan Serat Optik Moda Jamak dengan Model W-System

Rudi Wibowo, Agus Rubiyanto

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: arubi@physics.its.ac.id

Abstrak—Telah didesain sensor konsentrasi larutan NaCl berbasis serat optik mode jamak dengan model W-System. Dalam pengkarakterisasiannya digunakan detektor BF5R-D1-N yang terdapat ligh emitting diode (LED) sebagai sumber cahaya dengan panjang gelombang 660 nm dan phototransistor sebagai detektor penerima cahaya tersebut. Dengan menganalisa nilai absorpsi pada panjang gelombang ultra violet dan cahaya tampak, Indeks bias larutan NaCl, dan rugi daya yang dialami sensor ini akibat *microbending*, *bending*, dan *scattering*. Didapatkan besarnya rugi daya yang dialami sensor sebanding dengan besarnya konsentrasi NaCl yang diberikan. Pemberian jarak antar kaki memberikan perbedaan sensitifitas pada pengukuran dan nilai sensitifitas maksimum pada jarak 2,5 cm. Sistem kerja sensor juga ini mampu menghitung konsentrasi larutan NaCl dengan jangkauan 0,0 – 5,0 Molar dan akurasi hingga 0,025 Molar.

Kata Kunci—Konsentrasi, Moda Jamak, Sensor Serat Optik, W-System

I. PENDAHULUAN

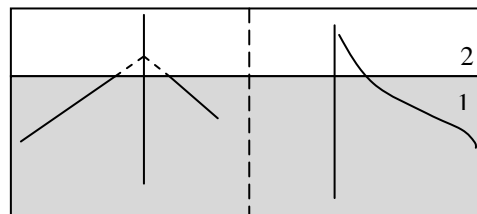
PERKEMBANGAN kemajuan teknologi yang berbasis optik semakin cepat terutama dibidang sistem komunikasi baik suara maupun data terlebih saat ditemukannya *Laser* pada tahun 1960 dan serat optik (SO) dengan rugi daya rendah [1]. Seiring dengan berjalannya waktu dan berkembangnya ilmu pengetahuan, SO tidak hanya berkembang dalam sistem komunikasi bahkan menuju kearah sistem sensor dimana SO dimodifikasi dan digunakan sebagai perangkat yang berinteraksi langsung dengan lingkungan karena SO memiliki banyak kelebihan seperti kecepatan, tahan terhadap pengkaratan, dan harga relatif terjangkau [2][3]. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan SO untuk membuat sensor serat optik (SSO) untuk mengukur konsentrasi larutan garam (NaCl) terhadap pelarutnya (Kadar garam). Pada umumnya air laut merupakan larutan yang mempunyai kadar garam yang tinggi, walaupun air tanah juga memiliki kadar garam terutama daerah pesisir. Pada penelitian sebelumnya terdapat beberapa pengembangan yang dilakukan pada SO untuk sensor konsentrasi larutan, seperti menggunakan *refractometer*, *Fabry Perrot cavity*, *fiber bragg grating*, *Tapared plastic* [4].

Konsentrasi larutan merupakan perbandingan antara zat terlarut terhadap pelarutnya dan pada penelitian ini zat terlarut adalah NaCl dan pelarutnya adalah air [5]. Walaupun

terjadi pemantulan pada dinding batas antara core dan cladding masih tetap terdapat kehilangan daya atau redaman yang disebabkan oleh *microbending*, *macro bending*, *scattering* dan efek Goos Hancent. Redaman yang rendah digunakan sebagai media transmisi data tetapi untuk SSO redaman ini merupakan parameter utama dalam menentukan besaran fisis. Secara umum total redaman(α) yang terjadi pada pandu gelombang dapat hitung dengan diketahui daya yang masuk(P_{in}) dan daya keluaran (P_{out})(1) [6].

$$\alpha = 10 \text{ Log} \left(\frac{P_{in}}{P_{out}} \right) \quad (1)$$

Prinsip kerja SSO sebagai sensor konsentrasi ini didasarkan pada fenomena absorpsi medan gelombang *evanescent* pada antarmuka inti serat optik dan *cladding*nya. Ketika melewati batas medium gelombang pantul tidak berasal dari tempat gelombang datang tetapi mengalami pergeseran sebagai tanda bahwa terdapat gelombang yang menembus dinding batas antara inti dan *cladding* disebut gelombang *evanescent* (Gambar 1) yang besarnya tergantung dengan perbandingan indeks bias antara medium 1 dan medium 2 sehingga juga menentukan intensitas gelombang optik yang terpandu atau ditransmisikan melalui inti serat optik. Pada saat sinar cahaya menjalar pada serat optik, sebagian gelombang terserap ke dalam *cladding* dan keluar dari inti. Energi gelombang tersebut menghilang secara eksponensial (2)[7]



Gambar 1. Efek Goos Hancent dan Gelombang Evanescent sehingga Terjadi Pelemahan ketika Merambat pada Perbatasan Medium 1 dan 2 [7].

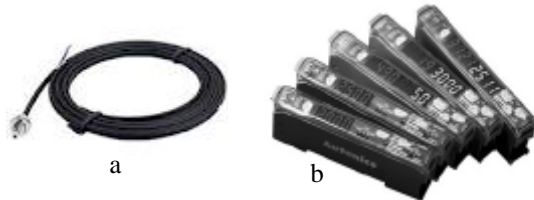
$$E_z = E_0 \exp \left(-Z/d_p \right) \quad (2)$$

(2.11)

Secara eksponensial medan listrik (E_z) akan melemah ketika gelombang ini terpandu pada serat optik dan besarnya pelemahan tergantung pada besar medan listrik mula-mula

(Z_0), jauh perambatan(Z) dan jarak tembus gelombang *evanescent* (dp).

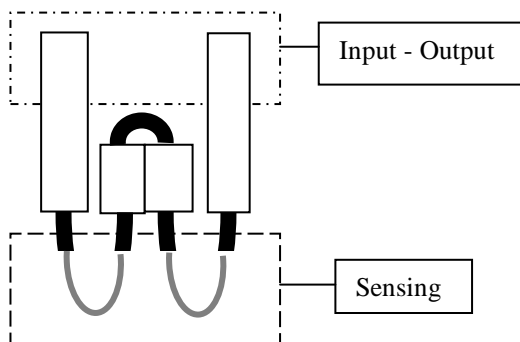
II. EKSPERIMENTAL



Gambar 2. (a) Serat Optik mode jamak FD-620-10 (b) *Indicating sensor* BF5R-D1-N [8].

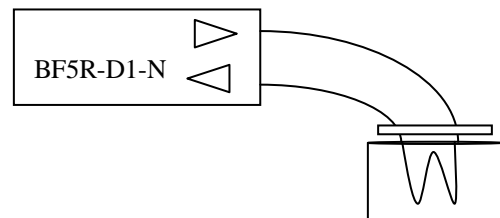
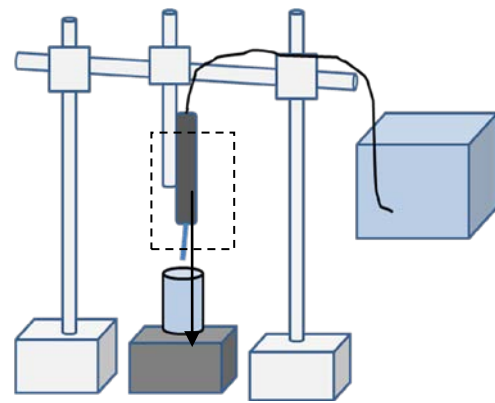
SO tipe FD-620-10 merupakan SO moda jamak dengan diameter *core* dan *cladding* 2 mm yang memiliki rugi daya yang relatif besar sebagai prinsip kerja SSO. *Indicating sensor* BF5R-D1-N merupakan perangkat yang sudah terintegrasi dari sumber cahaya LED, *phototransistor*, dan pengolahan data sehingga output yang ditampilkan adalah daya keluaran SSO(Gambar 2)[8].

Head sensor pertama dengan memotong SO sepanjang 30 cm dan dibentuk menyerupai huruf W (Gambar 3) dimana bagian atas adalah input-output dan bagian bawah adalah bagian sensing yang sudah dimodifikasi dengan cara pengkelupasan *cladding*. pada bagian sensing ini adalah tempat menera konsentrasi larutan NaCl.



Gambar 3. Design Head SSO W-System.

Secara teknis pengujian sensor dilakukan dengan mencelupkan daerah sensing ke larutan NaCl yang akan ditera dengan peralatan yang diset-up seperti pada Gambar 4. Larutan NaCl yang diberikan adalah 0-5 Molar dengan perbedaan konsentrasi 0.5 Molar. Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan UV-Vis untuk mengetahui nilai absorpsi pada setiap larutan yang berbeda konsentrasi. Data yang diambil berupa besar rugi daya pada SSO pada masing-masing larutan NaCl yang berbeda konsentrasi. Pengambilan data juga dilakukan dengan dengan stop watch dengan durasi waktu 30 detik.

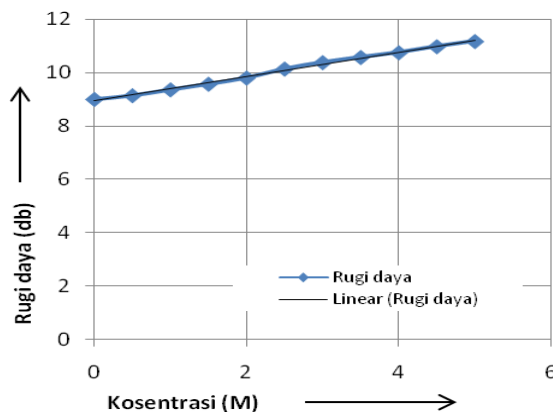


Gambar 4. Set-up alat untuk pengkarakterisasian SSO.

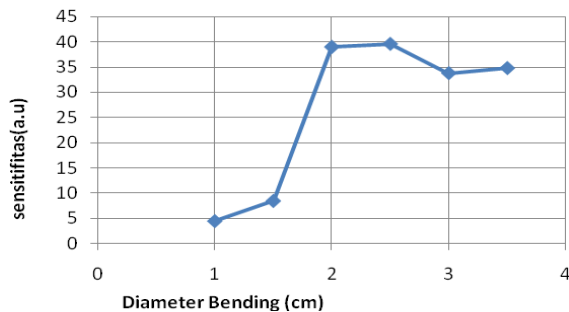
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengkarakterisasian didapatkan hasil bahwa ketika SSO diberi konsentrasi larutan NaCl yang semakin besar, rugi daya yang dialami oleh SSO juga semakin besar (Gambar 5). hal ini disebabkan ketika fungsi *cladding* pada daerah sensing digantikan oleh larutan NaCl terjadi perubahan besaran optis yaitu indeks biasnya. Semakin besar konsentrasi larutan akan semakin besar pula indeks biasnya karena larutan tersebut akan semakin rapat. Pada kasus ini cahaya akan dipantulkan secara sempurna apabila sinar yang datang lebih besar dari sudut kritis(θ_k). Sudut kritis ini memiliki besar yang tergantung pada perbedaan indeks bias antara *core* (n_1) dan *cladding* (n_2)[9]. Sudut kritis juga menentukan rugi daya yang dialami sebuah pandu gelombang. Ketika n_2 berubah menjadi besar maka sudut kritis pun akan berubah menjadi lebih besar sehingga daerah sinar datang yang memenuhi PDS akan semakin sempit sehingga rugi daya akan semakin besar pula.

Data yang didapat tidak linier karena banyak yang perlu diperhatikan. Pada pembuatan sensor ini banyak sekali yang perlu diperhatikan, terutama ketika pembuatan pada daerah *sensing*. Pada daerah ini sangat berpotensi dengan keadaan data yang kita dapatkan. Pembuatan permukaan sensing yang kasar memungkinkan pemantulan dalam sempurna tidak terjadi, yang terjadi adalah pemantulan baur akibat permukaan kasar sehingga dapat meminimalkan daya tangkap sensor terhadap lingkungan. Sehingga perlu penanganan seperti pembersihan dengan alkohol atau *acetone* agar bagian-bagian kecil yang berada dipermukaan yang menyebabkan tidak merata bisa hilang dan permukaan menjadi halus.

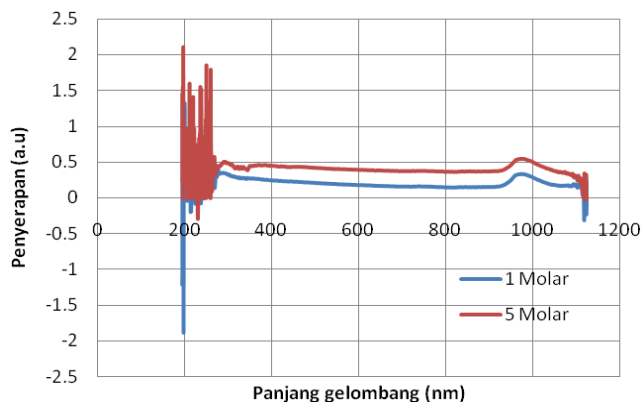


Gambar 5. Hubungan rugi daya dengan konsentrasi larutan NaCl.



Gambar 6. Sensitivitas sensor optimal pada jarak antar kaki 2,5 cm.

Pada sensor ini memiliki sensitivitas masing-masing pada setiap perbedaan jarak antar kaki (Gambar 6). Pada sensor ini sensitivitas optimal pada jarak antar kaki 2,5 cm. Jarak antar kaki mempengaruhi bentuk dan morfologi serat optik. Perlakuan ini mempengaruhi sensitivitas, semakin di kecil jarak antar kaki akan semakin sensitif, akan tetapi akan menurun setelah mencapai titik tertentu. Penurunan ini dikarenakan terdapat faktor lain seperti tekanan yang besar ketika dibengkokkan dengan paksa sehingga terjadi cacat pada daerah *sensing*.



Gambar 7. Perbandingan daya absorpsi pada panjang gelombang UV-Vis.

Pada uji UV-Vis larutan NaCl didapatkan bahwa daya absorpsi pada konsentrasi larutan NaCl yang lebih tinggi memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada

konsentrasi yang rendah. Model ini pun juga mampu bekerja secara merata pada panjang gelombang cahaya tampak (Gambar 7) [11].

Jangkauan penghitungan konsentrasi larutan NaCl pada sensor ini mampu mengukur dari 0,0 – 5,0 Molar yang sebanding dengan 209 - 404 a.u dimana tingkat akurasi bisa mencapai 0.025 Molar yang mewakili 1 Au. Sebenarnya tidak hanya bisa menjangkau jangkauan pada daerah itu saja karena berdasar teori mampu menjangkau konsentrasi larutan dengan syarat batas indeks bias larutan sampai sebesar indeks bias dari inti dan larutan tidak mengalami keadaan jenuh.

Pada pencatatan waktu, respon sensor sangat cepat, tidak sampai 3 detik besarnya rugi daya sudah mengalami kestabilan walaupun masih terdapat data yang tidak konstan seperti naik turun tetapi tidak jauh dari nilai stabilnya.

IV. KESIMPULAN

Sistem Sensor konsentrasi NaCl dengan model *W-system* ini mampu digunakan sebagaimana mestinya dalam menera konsentrasi larutan NaCl. Semakin besar konsentrasi larutan yang diberikan maka semakin besar pula rugi daya yang dialami SSO ini. Pada penghitungan konsentrasi larutan NaCl pada SSO ini memiliki jangkauan 0.0 – 5.0 M, dengan akurasi sampai 0.025 M. Sensor ini memiliki kesalahan maksimal 5% Memiliki respon waktu kurang dari 3 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada berbagai pihak dan khususnya kepada teman-teman laboratorium optoelektronika E.M Terapan, dan Fisika Zat Padat yang telah membantu dalam praktikum dalam penelitian ini. Sehingga artikel ini dapat terselesaikan dengan baik walaupun masih banyak kekurangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bass, M., "Fiber Optics Handbook," McGraw-Hill: Florida (2002).
- [2] Francis, T.S., Shizuo, Y., "Fiber Optic Sensors," New York: Marcel Dekker Inc (2002)
- [3] Rahman, H.A., Harun, S.W., Yasin, M., Ahmad, H., Phang, S.S., Damanhuri, H.A., Ahmad, H., 2011. "Tapered Plastic multimode fiber sensor for salinity detection," *Sensors and Actuators A* 171 219–222
- [4] Zhao, Y., Zhang, B., Yanbiao, L.B., "Experimental research and analysis of salinity measurement based on optical techniques," *Sensors and Actuators* (2003) B 92 331S–336.
- [5] Day, R.A., Underwood, A.L., "Analisis Kimia Kuantitatif," Jakarta: Erlangga (1989).
- [6] Tricker, R., "Optoelectronic and Fiber Optic Technology," Amsterdam: Plant A Tree (2002) ISBN 0750653701
- [7] Iizuka, K., "Elements of Photonics," Wiley-Interscience: Toronto (2002).
- [8] Selection Guide . Catalog Sensor PT Autonic. Mulia Teknik Indonesia. Jakarta (2011).
- [9] Deter, M., "Optics Light and Lasers," University of Bonn : Wiley-VCH (1999).
- [10] Otto, S., Wolfbeis. "Fiber-Optic Chemical Sensors and Biosensors," Regensburg: Institute of Analytical Chemistry University of Regensburg. (2002).
- [11] Radislav, A., Potyrailo., Steven, E., Hobbs., Gary, M., Hieftje., "Near-Ultraviolet Evanescent-Wave Absorption Sensor Based on a Multimode Optical Fiber," Department of Chemistry, Indiana University, (1998) 1639-1645: India.